

Implementasi Logika *Fuzzy* Mamdani Dalam Game Simulasi Memancing

Implementation Of Fuzzy Logic Mamdani On Fishing Game Simulaton

Satria Fitra Widya Utama¹, Helmie Arif Wibawa²

²Helmie.arif@gmail.com

Jurusan Informatika Universitas Diponegoro

Abstrak— Game simulasi memancing merupakan sebuah permainan yang menirukan kegiatan memancing. *Game* simulasi memancing terlihat menarik apabila *game* tersebut benar-benar mempresentasikan kejadian nyata secara detail. Untuk memenuhi hal tersebut, game memancing dapat disisipkan hal-hal yang berkaitan dengan habitat dan perilaku ikan yang ada di dunia nyata. Perilaku ikan berupa waktu makan ikan dan kedalaman air. Penelitian ini bertujuan untuk mencari suatu model yang dapat digunakan dalam menentukan suatu jenis ikan berdasarkan habitat dan perilaku ikan. Metode yang digunakan dalam penentuan ikan tersebut adalah dengan menggunakan logika fuzzy Mamdani dengan agregasi operator OR (max), dengan metode *mean of maximum* sebagai defuzzifikasi, sedangkan masukan berupa waktu pemancingan dan kedalaman umpan pancing. Dari hasil pengujian game didapatkan bahwa tingkat akurasi sebesar 86.9% dalam menentukan kelompok ikan yang didapat yaitu diurnal atau nokturnal.

Kata kunci— : game memancing, logika fuzzy, mamdani, unified process

Abstract— Fishing simulation game is a game that simulates fishing activity. Fishing simulation game would be interesting if the game is actually present a real event in detail. The fish habitat and behavior in the real world can be inserted to make a real event. Time of meal and depth of place was taken as fish behavior. This research aims to find a model that can be used in determining a species of fish based on fish habitat and behavior. To determine the type of fish that was obtained, mamdani fuzzy logic was used with operator OR (max) as the aggregator, while mean of maximum was used as defuzzification method, and fishing time and bait depth was used as input. As the results, this game has success rate 86.9% of getting diurnal or nocturnal fish.

Keyword— fishing game, fuzzy logic, mamdani, unified process

PENDAHULUAN

Teknologi *game* saat ini berkembang pesat sejalan dengan perkembangan teknologi informasi. Salah satu contohnya adalah perkembangan *game* yang beroperasi di sistem operasi android. *Game* yang ada pada *smartphone* android memiliki berbagai macam *genre*. Salah satu *genre* yang populer saat ini yaitu *genre* simulasi. Contoh *game* simulasi adalah *game* memancing, dalam *game* ini pemain akan berpura-pura menjadi pemancing dan seolah-olah melakukan aktivitas memancing.

Game memancing pada sistem operasi android sangat bermacam-macam jenisnya. Ada yang memancing di laut, di sungai, maupun di danau. Dalam memancing terdapat aspek-aspek penting yang perlu diperhatikan agar mempermudah mendapatkan ikan yang diinginkan. Aspek tersebut adalah tempat dan waktu. Namun masih jarang *game* memancing di Google Play yang menyertakan waktu pemancingan (jam) dan kedalaman kail sebagai poin penting untuk mendapatkan ikan, dan lokasi pemancingannya di wilayah Indonesia.

Game memancing akan menarik apabila *game* tersebut benar-benar merepresentasikan kejadian nyata secara detail. Salah satu cara pembuatan *game* memancing agar terlihat nyata yaitu diberikan sebuah kecerdasan buatan. Salah satu cabang kecerdasan buatan adalah logika *fuzzy*. Beberapa contoh *game* yang menggunakan logika *fuzzy* sebagai kecerdasan buatan adalah “Song of Ruination 2” dan *gamefighting*. Dalam “Song of Ruination 2” logika *fuzzy* digunakan untuk mengatur perilaku musuh (Purba et al., 2013). Pada *game fighting* logika *fuzzy* digunakan untuk mengatur perilaku lawan dalam melakukan serangan (Mahasati, 2011).

Apabila *game* memancing menggunakan *fuzzy* sebagai kecerdasan buatan maka aspek-aspek yang mempengaruhi memancing akan dipertimbangkan dan dihitung untuk menentukan ikan yang didapat. Salah satu metode inferensi *fuzzy* yang dapat digunakan adalah metode Mamdani (Max-Min). Metode *fuzzy* Mamdani memiliki kelebihan yaitu lebih intuitif dan mudah dimengerti (Castellano et al., 2003). Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian bagaimana mengimplementasikan Logika *Fuzzy* Mamdani dalam

Game Simulasi Memancing dengan waktu dan kedalaman pemancingan sebagai poin penting dalam mendapatkan ikan.

KAJIAN PUSTAKA

A. Logika Fuzzy

Fuzzy menurut bahasa artinya samar atau kabur. Suatu kata/istilah dikatakan kabur (*fuzzy*, *vague*) apabila kata/istilah tersebut tidak dapat didefinisikan secara tegas, dalam arti tidak dapat ditentukan secara tegas (benar atau salah) apakah suatu obyek tertentu memiliki ciri/sifat yang diungkapkan oleh kata/istilah itu atau tidak. Logika *fuzzy* berarti perkiraan penalaran, informasi granulasi, komputasi dengan kata-kata dan sebagainya (Sivanandam et al., 2007).

B. Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah sebuah himpunan *fuzzy* dalam semesta pembicaraan himpunan U ditandai dengan fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang mempunyai nilai interval $[0,1]$ (Wang, 1997). Sebuah himpunan *fuzzy* A dalam semesta pembicaraan U direpresentasikan dengan himpunan urutan berpasangan dari elemen x dan nilai keanggotaannya, di tuliskan sebagai berikut (Wang, 1997):

$$A = \{(x, u_A(x)) | x \in U\} \quad (1)$$

Ketika U adalah kontinyu (U adalah bilangan real), maka ditulis:

$$A = \int_U \frac{u_A(x)}{x} \quad (2)$$

Dimana tanda integral di atas tidak dinyatakan sebagai integrasi. Tanda tersebut artinya koleksi dari semua elemen x dimana $x \in U$ dengan fungsi keanggotaan $u_A(x)$. Ketika U adalah Diskret, maka ditulis :

$$A = \sum_U \frac{u_A(x)}{x} \quad (3)$$

Dimana tanda sigma di atas tidak menyatakan penjumlahan. Tanda tersebut artinya koleksi dari semua elemen x dimana $x \in U$ dengan fungsi keanggotaan $u_A(x)$.

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

C. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani

Sistem inferensi *fuzzy* metode Mamdani merupakan sistem inferensi yang sering digunakan (Ion, 2012). Metode ini pertama kali diusulkan pada tahun 1975 oleh Ebrahim Mamdani (Mamdani, 1977). Sistem inferensi

fuzzy dengan menggunakan metode Mamdani sering disebut dengan metode max-min.

Sistem inferensi metode Mamdani ini dapat dibagi menjadi 4 (empat) tahapan yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan, agregasi, dan defuzzifikasi (Ion, 2012). Berikut penjelasan mengenai tahapan-tahapan metode mamdani :

1) Fuzzifikasi

Pada tahap ini bilangan *crisp* masukan diubah menjadi bilangan *fuzzy*

2) Evaluasi Aturan

Pada tahap ini masukan-masukan antiseden yang ada di proses dan dievaluasi menggunakan operator OR atau AND. Jika menggunakan operator OR didapat kaidah :

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (4)$$

Sedangkan jika menggunakan operator AND didapat kaidah :

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (5)$$

Setelah didapat hasil dari evaluasi aturan untuk antiseden hasil tersebut dilakukan metode *clip* atau *scaling*. metode *clip* merupakan metode untuk mendapatkan konsekuen dengan memotong fungsi keanggotaan antiseden yang ada. Metode *scaling* merupakan metode untuk mendapatkan konsekuen dengan cara fungsi keanggotaan asli dari aturan konsekuen disesuaikan dengan mengalikan semua derajat keanggotaannya oleh nilai dari aturan fungsi keanggotaan antiseden.

3) Agregasi

Jika terdapat lebih dari satu kaidah *fuzzy* yang dievaluasi, keluaran semua IF-THEN rule dikombinasikan menjadi sebuah *fuzzy set* tunggal. Saat agregasi operator yang digunakan adalah OR (*union*).

4) Defuzzifikasi

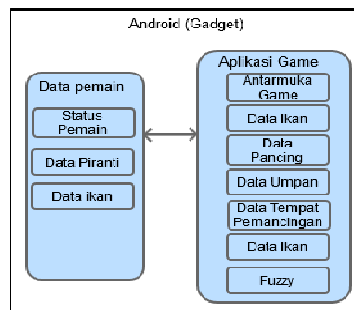
Input dari proses Defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. metode defuzzifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Mean of maximum*. Pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dari rata-rata nilai z pada μ^* maximum.

METODE

A. Arsitektur Sistem

Arsitektur *game* memancing ini terdiri dari aplikasi *game* dan data pemain. Aplikasi *game* merupakan aplikasi yang berjalan didalam *smartphone* android

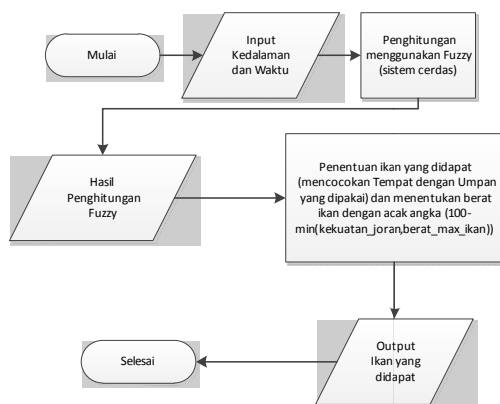
(Gadget). Pada aplikasi *game* terdapat data-data yang dijadikan *template* untuk pembuatan data pemain. Data pemain akan tersimpan dalam disk *smartphone*. Data pemain merupakan data yang dinamis dan sering berubah-ubah saat *game* dijalankan. Sedangkan data ikan, pancing, umpan, dan tempat pemancingan yang terdapat di aplikasi *game* merupakan data *static* dan hanya bersifat sebagai *template*. Untuk lebih jelas mengenai gambaran arsitektur *game* ini bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Arsitektur Sistem

B. Alur Sistem Cerdas

Alur sistem cerdas dibuat untuk menentukan proses ikan yang didapat. Untuk gambar alur sistem mendapatkan ikan pada simulasi *game* memancing dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur sistem Cerdas

Alur sistem cerdas dalam *game* ini berawal dari masukan (*input*) pemain berupa kedalaman kail dan waktu pemancingan. Setelah itu masukan (*input*) tersebut dihitung menggunakan logika *fuzzy* mamdani. Hasil dari perhitungan tersebut diolah dan dibandingkan dengan tempat pemancingan, umpan, dan joran untuk menentukan ikan yang didapat. Proses pengelolaan hasil dari penghitungan *fuzzy* memiliki urutan sebagai berikut :

1. Mencocokkan ikan yang ada di tempat pemancingan dengan ikan yang mau memakan umpan yang dipakai memancing.
2. membuat dua variabel *array* ikan yaitu diurnal dan nokturnal yang berisi nama-nama ikan yang sesuai perilakunya (diurnal / nokturnal). Variabel diurnal hanya berisi ikan diurnal dan variabel nokturnal hanya berisi ikan nokturnal.
3. Memberikan domain tiap variabel *array*. Diurnal memiliki domain [0-50] (batas maksimal mendekati 50). Nokturnal memiliki domain [50-100].
4. Memberikan domain untuk setiap ikan yang ada di variabel *array*. *Range* domain didasarkan jumlah isi *array* contohnya :
 $\text{diurnal} = \{\text{IK1}, \text{IK2}, \text{IK3}, \text{IK4}\}$
 $\text{nokturnal} = \{\text{IK22}, \text{IK24}\}$
 berdasarkan data tersebut maka ikan diurnal memiliki *range* $51/4 = 12,5$. Berarti IK2 domainnya [0-12,75], IK2 domainnya [12,75-25,5], IK3 domainnya [25,5-38,25], IK4 domainnya [38,25-50]. Ikan nokturnal memiliki *range* $51/2 = 25$. Berarti IK22 domainnya [50-75,5], IK24 domainnya [75,5-100].
5. Mencocokkan hasil perhitungan logika *fuzzy* dengan domain ikan yang ada. Jika sesuai maka akan mendapatkan ikan tersebut jika tidak sesuai maka tidak akan mendapatkan ikan dan muncul pringatan "ikan lepas".
6. Jika mendapatkan ikan, acak angka dari [100 – min (kekuatan_joran, berat_max_ikan)] untuk menentukan berat ikan, satuan berupa gram dari hasil acakan.

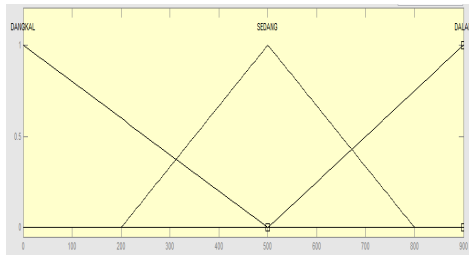
C. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah bilangan crip (tegas) menjadi bilangan *fuzzy*. Pemilihan variabel-variabel dan semesta pembicaraan yang digunakan dalam simulasi *game* memancing ini berdasarkan dari studi pustaka dan diskusi dengan narasumber Ibu Aristi Dian Purnama Fitri, beliau merupakan dosen dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Variabel-variabel yang digunakan yaitu :

1) Kedalaman Kail Pancing

Variabel kedalaman kail pancing diukur dengan satuan sentimeter. Berdasarkan informasi dari narasumber, kedalaman sungai dan danau di Indonesia yaitu antar 0 sentimeter sampai 900 sentimeter. 100-400 sentimeter termasuk dangkal, 400-700 sentimeter termasuk sedang, dan 700 sentimeter lebih termasuk dalam. dari data tersebut maka dibuatlah variabel kedalaman dengan semesta pembicaraan [0-900], dan dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu {DANGKAL, SEDANG, DALAM}. Tiap himpunan *fuzzy* memiliki domain masing-masing. DANGKAL mempunyai domain [0-500] yang digambarkan sebagai kurva linier turun, SEDANG mempunyai domain [200-800] yang digambarkan sebagai kurva segitiga dengan titik puncak

pada kedalaman 500, dan DALAM mempunyai domain [500-900] yang digambarkan sebagai kurva linier naik. Diagram fungsi keanggotaan untuk variabel kedalaman digambarkan pada gambar 3.



Gambar 3 Fungsi Keanggotaan Kedalaman Kail
Fungsi keanggotaan masing-masing himpunan fuzzynya adalah sebagai berikut :

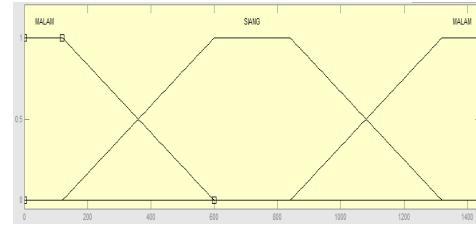
$$u_{DANGKAL}(kedalaman) = \begin{cases} \frac{500 - kedalaman}{500}, & 0 \leq kedalaman \leq 500 \\ 0, & 500 \leq kedalaman \end{cases} \quad (6)$$

$$u_{SEDANG}(kedalaman) = \begin{cases} \frac{kedalaman - 200}{300}, & 200 \leq kedalaman \leq 500 \\ \frac{800 - kedalaman}{300}, & 500 \leq kedalaman \leq 800 \\ 0, & 200 \geq kedalaman \vee kedalaman \geq 800 \end{cases} \quad (7)$$

$$u_{DALAM}(kedalaman) = \begin{cases} \frac{kedalaman - 500}{400}, & 500 \leq kedalaman \leq 900 \\ 0, & 500 \geq kedalaman \end{cases} \quad (8)$$

2) Jam Pemancingan

Jam pemancingan diukur dalam satuan menit. Jika dalam satu jam terdapat 60 menit maka dalam satu hari terdapat 1440 menit. Menurut narasumber, ikan diurnal aktif antara jam 06.00-18.00 sedangkan ikan nokturnal aktif pada jam 18.00-06.00. Berdasarkan data tersebut berarti ikan diurnal aktif pada menit 360-1080, sedangkan nokturnal aktif pada menit 1080-1440 dan 0-360 dengan catatan menit 0 dimulai pada jam 00.00. Dari analisa tersebut maka dibuat variabel Jam pemancingan dengan semesta pembiraan [0-1440] dan dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy yaitu {SIANG, MALAM}. Himpunan fuzzy SIANG memiliki domain [120-1320] dan direpresentasikan sebagai kurva trapesium, dengan waktu interval [120-600] sebagai kurva linier naik, interval [600-840] kurva linier lurus dengan nilai keanggotaan 1, dan interval [840-1320] sebagai kurva linier turun. Himpunan fuzzy MALAM memiliki domain [0-600] dan [840-1440] yang direpresentasikan sebagai kurva trapezium, dengan waktu interval [0-120] dan [1320-1440] sebagai kurva linier lurus dengan nilai keanggotaan 1, interval [120-600] sebagai kurva linier turun, dan interval [820-1320] sebagai kurva linier naik. Diagram fungsi keanggotaan untuk variabel Jam pemancingan digambarkan pada gambar 4.



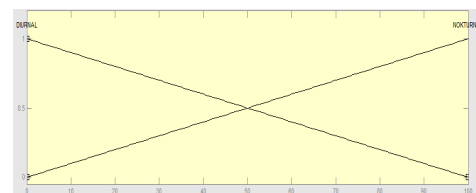
Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Jam Pemancingan
Fungsi keanggotaan masing-masing himpunan fuzzynya adalah sebagai berikut :

$$u_{SIANG}(jam) = \begin{cases} \frac{jam - 120}{480}, & 120 \leq jam \leq 600 \\ 1, & 600 \leq jam \leq 840 \\ \frac{1320 - jam}{480}, & 840 \leq jam \leq 1320 \\ 0, & 120 \geq jam \vee 1320 \leq jam \leq 1440 \end{cases} \quad (9)$$

$$u_{MALAM}(jam) = \begin{cases} 1, & 120 \geq jam \vee 1320 \leq jam \leq 1440 \\ \frac{600 - jam}{480}, & 120 \leq jam \leq 600 \\ \frac{jam - 840}{480}, & 840 \leq jam \leq 1320 \\ 0, & 600 \leq jam \wedge jam \leq 840 \end{cases} \quad (10)$$

3) Ikan yang didapat

Data ikan yang digunakan pada game ini yaitu 29 ikan yang terdiri dari 15 ikan diurnal dan 14 ikan nokturnal. Untuk mempermudah dalam penentuan ikan yang didapat maka nilai maksimal dari variabel ikan ini dibuat 100. sehingga variabel $ikan$ yang didapat mempunyai semesta pembiraan [0-100] dan dibagi menjadi 2 himpunan fuzzy yaitu {DIURNAL, NOKTURNAL}. Himpunan fuzzy DIURNAL memiliki domain [0-100] yang direpresentasikan sebagai kurva linier turun. Himpunan fuzzy NOKTURNAL memiliki domain [0-100] yang direpresentasikan sebagai kurva linier naik. Pembentukan tersebut berdasarkan intuisi penulis. Diagram fungsi keanggotaan untuk variabel Ikan dapat dilihat seperti gambar 5.



Gambar 5 Fungsi Keanggotaan ikan yang Didapat
Fungsi keanggotaan masing-masing himpunan fuzzynya adalah sebagai berikut :

$$u_{DIURNAL}(ikan) = \begin{cases} \frac{100 - ikan}{100}, & 0 \leq ikan \leq 100 \end{cases} \quad (11)$$

$$u_{NOKTURNAL}(ikan) = \begin{cases} \frac{ikan}{100}, & 0 \leq ikan \leq 100 \end{cases} \quad (12)$$

D. Aturan fuzzy

Aturan fuzzy dibuat berdasarkan hasil diskusi dengan narasumber. Aturan fuzzy yang dibangun terdiri dari 6 aturan, aturan tersebut bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Aturan Fuzzy

No.	Aturan
1	IF kedalaman DANGKAL AND jam SIANG THEN Ikan DIURNAL
2	IF kedalaman DANGKAL AND jam MALAM THEN Ikan NOKTURNAL
3	IF kedalaman SEDANG AND jam SIANG THEN Ikan DIURNAL
4	IF kedalaman SEDANG AND jam MALAM THEN Ikan NOKTURNAL
5	IF kedalaman DALAM AND jam SIANG THEN Ikan DIURNAL
6	IF kedalaman DALAM AND jam MALAM THEN Ikan NOKTURNAL

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan logika fuzzy mamdani dalam game ini terletak saat game mulai memancing seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Antarmuka Memancing

Tombol memancing yang ada di kanan bawah digunakan untuk mengatur kedalaman. Setiap mengatur kedalaman maka jarak kail akan berkurang dan ditunjukkan dengan bar dibagian atas. Sedangkan bar dibagian samping kiri menunjukkan kedalaman kail. Pengaturan kedalaman tersebut mempengaruhi ikan yang didapat.

Pengujian perhitungan fuzzy dilakukan dengan membandingkan data-data yang telah dihitung oleh game dengan kesimpulan manual yang diberikan oleh narasumber dan menghasilkan presentasi kesuksesan sebesar 86.9%.

Penggunaan metode mean of maximum pada saat defuzzifikasi menyebabkan perhitungan agregasi yang menghasilkan nilai paling minimal pada himpunan fuzzy diurnal untuk setiap masukan yang ada, maka hasil defuzzifikasi menghasilkan batas maksimal dari domain ikan diurnal. Sedangkan untuk setiap perhitungan nilai agregasi yang menghasilkan nilai paling minimal pada himpunan fuzzy nokturnal untuk setiap masukan yang

ada, maka hasil defuzzifikasi menghasilkan batas minimal dari domain ikan nokturnal.

Untuk setiap masukan 0 sampai 900 pada fungsi keanggotaan Kedalaman yang memiliki hasil saling mendekati atau sama yaitu :

1. Himpunan fuzzy DANGKAL dan SEDANG dengan masukan sekitar 330 dengan nilai hasil $\mu_{DANGKAL} = 0.34$ dan $\mu_{SEDANG} = 0.42$.
2. Himpunan fuzzy SEDANG dan DALAM dengan masukan sekitar 670 dengan nilai hasil $\mu_{SEDANG} = 0.44$ dan $\mu_{DALAM} = 0.42$.

Untuk setiap masukan 0 sampai 1440 pada fungsi keanggotaan Waktu yang memiliki hasil saling mendekati atau sama yaitu dengan masukan 360 dan 1080 menghasilkan nilai $\mu = 0.5$ untuk setiap himpunan fuzzy.

Dari data diatas maka dapat disimpulkan nilai maksimal defuzzifikasi untuk ikan diurnal yaitu :

$$0.42 = (100 - \text{ikan}) / 100$$

$$\text{Ikan} = 58$$

$$\text{Titik tengah} = 58 / 2 = 29$$

Sedangkan untuk nilai minimal defuzzifikasi untuk ikan nokturnal yaitu :

$$0.42 = \text{ikan} / 100$$

$$\text{Ikan} = 42$$

$$\text{Titik tengah} = (42 + 100) / 2 = 71$$

Berdasarkan hasil diatas maka nilai 29-50 dan 50-71 tidak akan menjadi hasil output dari perhitungan defuzzifikasi. Hal ini menyebabkan ikan diurnal yang memiliki domain antara 29-50 dan ikan nokturnal dengan domain 50-71 dalam perhitungan sistem cerdas pada game simulasi memancing tidak mungkin didapatkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah logika fuzzy mamdani dengan memanfaatkan agregasi or dan metode *mean of maximum* dalam defuzzifikasi dapat dijadikan sebagai model penentuan jenis ikan dan berhasil diimplementasikan pada game simulasi memancing. Kedalaman umpan dan waktu pemancingan dijadikan sebagai masukan untuk perhitungan fuzzy mamdani. Hasil dari perhitungan fuzzy mamdani dibandingkan dengan jenis umpan yang digunakan untuk menentukan jenis ikan yang didapat.

Penggunaan metode mean of maximum saat defuzzifikasi pada logika fuzzy mamdani menyebabkan ikan-ikan tertentu yang memakan umpan yang spesifik tidak mungkin didapatkan, sehingga pemain tidak bisa melengkapi daftar ikan yang diperoleh (pencapaian Pemain). Hasil pembangunan game Mancing Nusantara memiliki nilai akurasi 86.9% dalam menentukan kelompok ikan yang didapat.

B. Saran

Saran yang dapat dilaksanakan untuk pengembangan *game* Mancing Nusantara lebih lanjut adalah perlu dilakukan perbandingan dengan metode lain untuk mencapai hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Castellano, G., Fanelli, A.M. & Mencar, C., 2003. Design of Transparent Mamdani Fuzzy. *CiteSeerX*.
- Ion, I., 2012. *A Mamdani Type Fuzzy Logic Controller, Fuzzy Logic - Controls, Concepts, Theories and Applications*. InTech.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mahasati, D., 2011. Penerapan Sistem Inferensi Fuzzy dalam Menentukan Prioritas Heuristik pada Aplikasi Game Fighting Sederhana.
- Mamdani, E.H., 1977. Application Of Fuzzy Logic To Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis. *Computers, IEEE Transactions*, C-26(12), pp.1182 - 1191.
- Purba, , Hasanah, & Muslim, M., 2013. Implementasi Logika Fuzzy Untuk Mengatur Perilaku Musuh dalam Game. *EECCIS*, 7.
- Sivanandam, S.N., Sumathi, S. & Deepa, S.N., 2007. *Introduction Fuzzy Logic Using MATLAB*. Berlin: Springer.
- Wang, L.-X., 1997. *A Course In Fuzzy System And Control*. United States: Prentice-Hall International, Inc.